

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ ДО 2050 г.

Орехов Виктор Дмитриевич, к.т.н., директор научно-образовательного центра
Место работы: Международный институт менеджмента ЛИНК, г. Жуковский,
Россия

vorehov@yandex.ru

Причина Ольга Сергеевна, профессор кафедры «Финансы и кредит» РГСУ
Место работы: Российский государственный социальный университет, Москва,
Россия

olgaprichina@mail.ru

Аннотация

В работе проанализированы прогнозы роста 10 крупнейших экономик мира до 2050 года, полученные с использованием экзогенной модели компании PricewaterhouseCoopers и разработанной авторами эндогенной модели – VIK, доминантно учитывающей образовательную компоненту.

Проведено сравнение погрешностей прогнозов роста ВВП по ППС, выполненных с 2006 по 2017 год с использованием широко известной модели PwC и в 2015 году по модели VIK. Показано, что отличие суммарного значения ВВП по ППС 10 экономик в 2050 году по моделям PwC и VIK составляет 0,7%, что подтверждает адекватность последней.

Для ряда стран относительное отличие прогнозируемых результатов находится на пределе приемлемого уровня, достигая уровня 39–52% для России, Бразилии и Нигерии. Выявлено значительное отличие прогнозов PwC различных лет, в частности примерно 18% – отличие прогноза 2017 года от 2015-го в результате экзогенного снижения опорного коэффициента прироста с 2% до 1,5%. Отличие прогноза VIK от PwC не превосходит различия в прогнозах PwC разных лет.

Указанные различия в прогнозах не меняют принципиально порядок мест среди ведущих мировых экономик на долговременном периоде прогнозирования в 33 года, хотя порядок следования экономик с 5-го по 9-е место, близких по величине ВВП, сложно определить.

Исследование акцентирует внимание на разработке эндогенных моделей и алгоритмов прогнозирования развития социально-экономических систем с детальным учетом образовательных характеристик человеческого капитала.

Результаты работы могут быть использованы для определения уровня доверия к долговременным прогнозам развития социально-экономических

систем. Они могут использоваться при разработке новых методов моделирования и алгоритмов прогнозирования социально-экономического развития.

Ключевые слова: человеческий капитал, образование, экономическая динамика, ВВП, моделирование, трудовая деятельность, прогнозирование, эндогенный, погрешность.

ELABORATION OF EDUCATION COMPONENT-BASED MODELS AND ALGORITHMS FOR FORECASTING SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT UP TO 2050

Orekhov Viktor D., PhD in Technical Sciences, Research and Educational Center, Director

Place of work: International Institute of Management LINK, Zhukovsky, Russia

vorehov@yandex.ru

Prichina Olga S., Finances and Credits department, Professor

Place of work: Russian State Social University, Moscow, Russia

olgaprichina@mail.ru

Annotation

The paper analyzes growth forecasts made for 10 world's largest economies up to 2050. Forecasts were made with PricewaterhouseCoopers exogenous model and VIK endogenous model developed by the authors with the latter model dominantly based on the education component.

Compared are errors of GDP at PPP growth forecasts made in 2006 – 2017 with the well-known PwC model and in 2015 with the VIK model. The difference of 0.7% between total GDPs at PPP of 10 economies in 2050 forecasted with PwC and VIK models testifies to adequacy of the latter.

As to some countries, the relative variation of the forecasts reaches the acceptable error threshold being 39–52% for Russia, Brazil and Nigeria. Revealed are significantly different PwC forecasts over the years, in particular the forecast

made in 2017 differs from that made in 2015 by 18% due to the reference growth rate exogenous decrease from 2% to 1.5%. Deviation between VIK and PwC forecasts falls within the deviation between PwC forecasts over the years.

The identified forecast variations do not change principally the order of leading economies in the long-term period of 33 years though the order of economies of similar GDPs, places from 5 to 9, is hard to determine.

The study focuses on elaboration of endogenous models and algorithms for forecasting socio-economic development with detailed educational characteristics of human capital being involved.

The results of the study may be applied to determine the level of confidence in long-term socio-economic forecasts and may be useful when developing new simulation methods and algorithms for socio-economic forecast.

Keywords: *human capital, education, economic dynamics, GDP, simulation, labor activity, forecasting, endogenous, error.*

Вклад образования работников в экономический рост, хотя и считается существенным, но до последнего времени его роль была явно заниженной по причине неточного определения его вклада и ориентации на устаревающие данные, в которых данный аспект не был в поле внимания.

Однако в последние десятилетия сформировалось понимание того, что человеческий капитал (ЧК) вносит доминирующий вклад в национальное богатство стран и, соответственно, в рост ВВП. В большинстве развитых и развивающихся стран доля ЧК составила более 80% и растет далее. Однако в богатых природными ресурсами странах, в частности в России и Саудовской Аравии, она составляет около 50%.

При всем разнообразии теорий человеческого капитала [Becker, 1964; Корчагин, 2005; Корицкий, 2013] образование признается основным драйвером увеличения ЧК. При этом роль этапа приобретения практических навыков в дополнение к образованию также считается важной. Как показано в работах J. Mincer [Mincer, 1994], заработок работника экспоненциально зависит от

числа лет (E) его образования $Y=Y_0e^{RE}$. В работе [Barro, 2001] показано, что ВВП на душу населения стран также хорошо аппроксимируется экспонентой вида $J = 438 \cdot 10^{0,2E}$. Столь сильная зависимость от образования позволяет говорить об образовательной доминанте современного экономического развития.

Серия публикаций руководителя макроэкономического департамента компании PricewaterhouseCoopers с коллегами [Hawksworth, 2006–2017], посвященных прогнозу роста ВВП крупнейших экономик, обратила на себя пристальное внимание политиков, бизнесменов и экономистов, поскольку она существенно переворачивает представление о будущем экономической карты мира и предстоящей смене лидеров и аутсайдеров. Но поскольку этот прогноз постоянно обновлялся, то теперь мы имеем возможность сравнить произошедший с 2006 до 2017 года дрейф и представить себе, какие изменения в прогнозы внесут следующие 30 лет. Характерно, что среди четырех ключевых факторов, которые были учтены в модели PwC, два относятся к человеческим ресурсам, а именно – рост трудоспособного населения и ЧК, который связан со средним уровнем образования работников. Еще один фактор (технологический прогресс) косвенно также связан с ЧК. В этой модели PwC положительно отличается, например, от модели «Мировой динамики» Форрестера [Forrester, 2003].

В данной работе модель PwC сравнивается с разработанной авторами [Орехов, 2015] моделью прогнозирования ВВП, которая базируется практически только на учете образовательного и научного уровня работников (без учета инвестиционной компоненты), что позволяет оценить степень доминирования образования в современном экономическом развитии.

Целью работы является анализ достоверности прогнозов социально-экономического развития, полученных с использованием экзогенной модели компании PwC и разработанной авторами эндогенной модели VIK, доминантно учитывающей образовательную компоненту.

1. Методика исследования

В работе анализируются результаты долгосрочного (до 2050 года) прогнозирования социально-экономического развития на основе двух современных моделей, первая из которых разработана и совершенствуется с 2006 года компанией PricewaterhouseCoopers PwC – лидером среди крупнейших аудиторско-консалтинговых компаний. Данная модель широко апробирована и многократно корректировалась с 2006 по 2017 год с учетом реальных темпов роста крупнейших мировых экономик и полученных отзывов, поэтому ее можно считать вполне адекватной.

Вторая модель (VIK) представлена в работе [Орехов, 2015] и базируется на доминировании ЧК в генерации ВВП, с учетом доли специалистов с различным уровнем образования и их коэффициентов вклада в ВВП.

Сравнение этих моделей, с одной стороны, позволяет оценить адекватность модели VIK, а с другой, понять реальные погрешности столь долговременных прогнозов по динамике результатов прогнозов по модели PwC.

Принципиально важно, что модель PwC является экзогенной, а VIK – эндогенной, и это позволяет сформировать отношение к этим двум направлениям моделей экономической динамики. Модели также отличаются тем, что модель VIK в максимальной мере ориентирована на учет образовательной компоненты человеческого капитала.

Модель PwC. Данная модель является адаптированной и упрощенной для целей сравнения долгосрочных прогнозов роста различных стран с сохранением возможности формирования общего сценария роста мировой экономики [Hawksworth J, 2017]. Предполагается, что не происходит крупных глобальных катастроф или войн, угрожающих цивилизации. Рост экономик в данной модели происходит под влиянием четырех основных факторов:

- Рост численности населения в возрасте 15–64 года на основе прогнозов ООН;

- Рост человеческого капитала в связи с прогнозируемым средним уровнем образования работников;
- Рост физического капитала, что определяется новыми капиталовложениями и износом действующего основного капитала;
- Технологический прогресс, улучшающий производительность факторов производства.

В качестве эталонной экономики взяты США, которые наиболее преуспели в технологии и производительности труда. Величина этого роста в прогнозе 2017 года составляет на основе расчетов 1,5%. Данная цифра снижена по сравнению с прогнозом 2015 года, в котором она была принята равной 2,0%. Соответственно, снижены все остальные прогнозные оценки 2017 года. Предполагается, что остальные страны догоняют США со скоростью, которая определяется прогнозом. Фактически глобальное технологическое развитие моделируется именно заданием темпа производительности труда в США. Циклически колебания вокруг долгосрочных тенденций и возможность технологических скачков игнорируются.

Уровень образования в каждой стране моделируется путем экстраполяции сложившихся за последние годы тенденций. Темп роста образования самый низкий в США, поскольку достигнут наиболее высокий уровень, а остальные страны двигаются по аналогичной траектории.

Темп наверстывания технологического развития пропорционален разрыву с США и составляет 1–2% в зависимости от ситуации в стране, способствующей передаче технологий (догоняющему развитию), включая политическую стабильность, открытость для торговли, верховенство закона, наличие иностранных инвестиций, культурные и финансовые институты. Ситуационно для некоторых стран (Индия, Индонезия, Бразилия) эти факторы могут быть снижены, но в долгосрочной перспективе выйдут на средний уровень 1,5% годового сближения с уровнем США.

Модель VIK. Данная модель базируется на гипотезе, что основным фактором роста ВВП в будущем будет человеческий капитал, а также

компоненты физического капитала, пропорциональные имеющемуся ЧК. Человеческий капитал (интеллектуальный) оценивается Индикатором интеллектуального человеческого капитала (1).

$$I_{ИК} = \sum K_i N_i. \quad (1)$$

Здесь N_i – количество специалистов с уровнем образования – i , а K_i – весовой коэффициент данного уровня образования. По результатам оптимизации получены значения коэффициентов (2), где индексы характеризуют следующие уровни образования: с – среднее, сс – среднее специальное, в – высшее, н – научные работники.

$$K_c \approx 0,015; K_{cc} \approx 0,25; K_v \approx 1,0; K_n \approx 35 \quad (2)$$

Кроме величины $I_{ИК}$ определялся параметр $M_{ИК}$ – мультипликатор интеллектуального капитала, который определял реальное соотношение между ВВП по паритету покупательной способности страны и $I_{ИК}$ [Орехов, 2015].

Рост экономик в данной модели происходит под влиянием следующих факторов:

- Рост населения в возрасте 25–64 года согласно среднему прогнозу ООН [World Population, 2017];
- Рост ЧК на основе прогноза роста образования работников, прежде всего высшего, согласно моделям (1), (2);
- Текущий рост ВВП по ППС страны (G), как основного источника капиталовложений;
- Рост числа научных работников, как основы технологического прогресса [Prichina, 2017]. Коэффициент K_n включен в число компонент $I_{ИК}$ (2).

Более детально методика расчета по модели VIK (прогноз ВВП на базе модели $ИИК$) представлена в работе [Орехов, 2015].

Сравнение PwC и VIK . Таким образом, эти две модели во многом похожи, но и несут в себе значительные отличия, а именно, модель VIK отличается следующим:

- В модели VIK определяется не средний уровень образования, а дифференцированный учет образовательного профиля страны на основе коэффициентов (2);
- Нет прямого, дифференцированного учета капиталовложений, он учитывается через текущий рост ВВП;
- Нет особой роли США в прогнозировании. Каждая страна движется по своей индивидуальной траектории;
- Научно-технический прогресс вводится через учет числа научных работников, причем прогноз роста различный для разных стран, и США не являются лидером по темпам роста;
- Темп роста производительности труда не задается извне, а является результатом роста образовательного уровня работников, включая научных;
- Вместо сближения производительности труда с высшим уровнем США используется процедура сближения мультипликатора интеллектуального капитала ($M_{ИК}$) со среднемировым уровнем. Для России и Японии это очень важный показатель, поскольку их $M_{ИК}$ значительно меньше общемирового (задано условие к достижению общемирового уровня к 2050 году);
- Модель VIK является эндогенной, а модель PwC носит экзогенный характер.

Методика сравнения базируется на приведении прогнозируемых в разных работах уровней ВВП по ППС к международным долларам 2017 года согласно значениям дефлятора, представленным World Bank [Deflator, 2018]. Использованные значения дефлятора для пересчета данных различных лет к международному доллару 2017 года по ППС приведены в таблице 1.

Таблица 1. Значения дефлятора пересчета к 2017 году

| Исходный год | 2010 | 2004 | 2011 | 2014 | 2016 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Дефлятор | 1,1205 | 1,2727 | 1,0780 | 1,0422 | 1,0180 |

2. Результаты

Результаты прогнозирования величины ВВП по ППС (G) в 2050 году, согласно моделям PwC и VIK различных лет публикации, приведены в таблице 2 в триллионах международных долларов 2017 года.

Таблица 2. Результаты прогноза ВВП по ППС в 2050 году

| G(2050), трлн долл. | Год публи- кации | Китай | ЕС | Индия | США | Бразилия | Россия | Япония | Мексика | Индонезия | Нигерия | Сумма |
|---------------------------|---------------------|-------|----|-------|-----|----------|--------|--------|---------|-----------|---------|-------|
| PwC 06 | 2006 | 58 | 32 | 41 | 41 | 10 | 5,7 | 9 | 6,9 | 7,7 | 7,7 | 220 |
| PwC 13 | 2013 | 58 | 38 | 37 | 41 | 10 | 8,6 | 8,7 | 8,0 | 6,8 | 4,3 | 221 |
| PwC 15 | 2015 | 64 | 37 | 44 | 43 | 10 | 7,9 | 8,2 | 8,3 | 13 | 7,6 | 242 |
| PwC 17 | 2017 | 60 | 36 | 45 | 35 | 7,7 | 7,3 | 6,9 | 7,0 | 11 | 4,4 | 219 |
| VIK 15 | 2015 | 59 | 35 | 40 | 32 | 11 | 10 | 9,1 | 8,2 | 9,2 | 6,7 | 221 |
| ОЭСР ¹ | 2020 | 62,6 | | 56,3 | 39 | 6,6 | 4,9 | 7,9 | | 13,6 | | |

Следует отметить, что в прогнозе PwC от 2006 года были указаны только значения прогноза ВВП по отношению к США, а ВВП США не указан. Поэтому было использовано ВВП США из прогноза 2013 года. Величина ВВП для ЕС в прогнозе PwC не приведена, хотя дан прогноз для Германии, Великобритании, Франции и Италии. Здесь ВВП ЕС на 70% больше, чем сумма этих четырех стран.

Сравнения ВВП по ППС в 2050 году по прогнозам PwC, опубликованным в 2017 году, и VIK, опубликованным в 2015 году, приведены на рис. 1 (реально прогнозы были выполнены, как правило, по данным, полученным на год раньше даты публикации).

Видно, что в целом согласование прогнозов удовлетворительное для долговременного прогноза на 33 года, хотя относительное отклонение достигает 52% для Нигерии, 45% для Бразилии, 39% для России. Относительное отклонение в области ВВП порядка 10 трлн долл. значительно больше, чем в области больших ВВП. Суммарный прогноз по всем странам

¹ Как изменится ВВП мира и отдельных стран через 40 лет? Прогноз ОЭСР на 2060 г. Statista.com <https://zen.yandex.ru/media/pstat/kak-izmenitsia-vvp-mira-i-otdelnyh-stran-cherez-40-let-5f0da611194a8e7f1c07f7f9>

согласуется с точностью до 0,7%, что очень хорошо для столь разных моделей расчета.

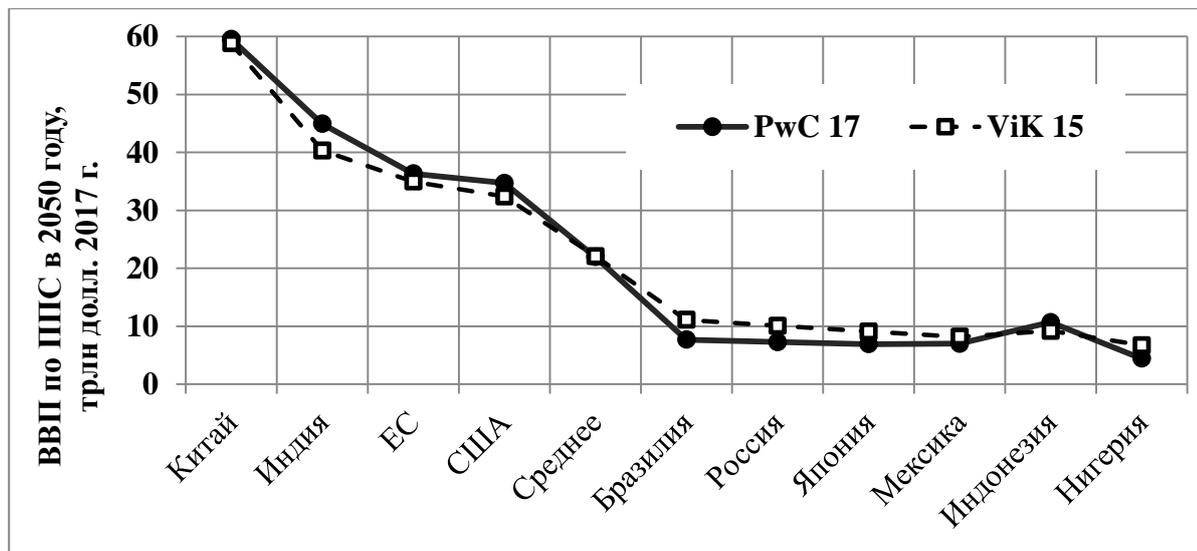


Рис. 1. Прогнозы ВВП стран в 2050 г. по моделям PwC и ViK, трлн долл.

Заметно, что для развитых экономик прогноз PwC дает значения выше, чем ViK, а для развивающихся и Японии – ниже. Это может быть результатом методики расчета, которая экзогенно задает коэффициент догоняющего развития, что больше влияет на развивающиеся страны. Также существенны индивидуальные поправки для Индии, Индонезии и Бразилии.

Если рассмотреть всю динамику прогнозов (рис. 2) различных лет в логарифмическом масштабе, чтобы были лучше заметны отклонения в области малых значений ВВП, то можно отметить значительный разброс прогнозов ВВП по модели PwC в области малых ВВП, которые доходят до $\pm 50\%$.

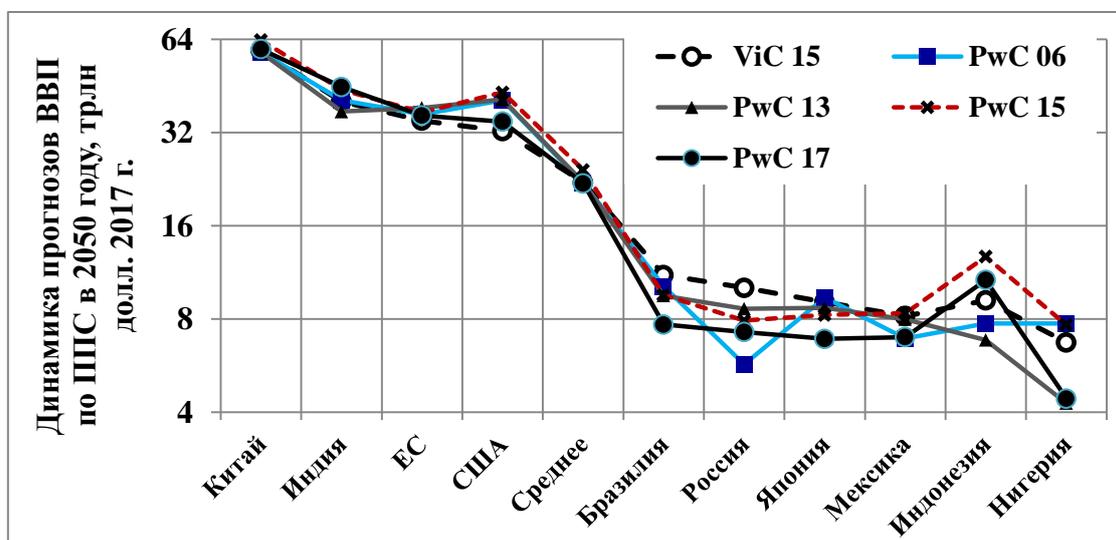


Рис. 2. Динамика прогнозов ВВП в 2050 г. по моделям PwC и ViK, трлн долл.

Для того чтобы более четко понять уровень отклонений, на рис. 3 представлены только прогнозы для стран с наибольшими разбросами, причем данные приведены по отношению к прогнозу PwC 2015 года – 100%, для каждой страны отдельно.

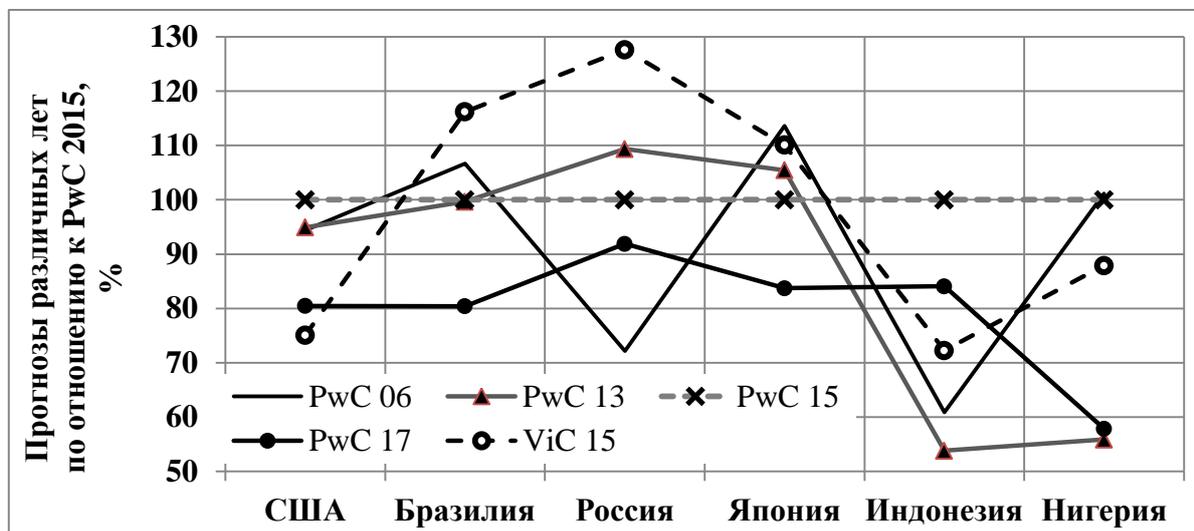


Рис. 3. Прогнозы ВВП по моделям PwC и ViC с наибольшим разбросом, %.

Видно, что по отношению к прогнозу PwC 2015 г. наибольшие отклонения характеризуют такие страны, как Индонезия, Нигерия и Россия, причем для первых двух только в отрицательную сторону, а для России и в плюс и в минус. Также очень заметно отклонение прогноза 2017 года для этих стран в отрицательную сторону по отношению к прогнозу 2015 года (примерно на 18%; для России – 8%, для Нигерии – 62%). Таким образом, ситуационные факторы оказывают значительное влияние на прогнозы ВВП.

Например, для Индонезии ряд прогнозов в трлн долл. характеризуется следующими цифрами с 2006 по 2017 год: 7,7; 6,8; 13; 11. Таким образом, произошел скачок прогноза на увеличение почти в 2 раза, а затем началось снижение в соответствии с общей тенденцией.

Для Нигерии аналогичный ряд выглядит так: 7,7; 4,3; 7,6; 4,4. То есть происходит пилообразное изменение прогноза почти на 80%. Нужно отметить, что по модели ViC прогнозирование ВВП этих стран также вызывает очень большие проблемы, поскольку данные об образовательном и научном уровне для них весьма ненадежны.

По отношению к России прогнозы PwC относительно последовательны, и линейка прогнозов выглядит так: 5,7; 8,6; 7,9; 7,3. После 2006 года, реагируя на восстановление экономики РФ после кризиса, прогноз увеличен в 1,5 раза. В 2015 г., реагируя на санкции, он снижен на 8%, а далее, в 2017 г., незначительно снижен в соответствии с общей тенденцией на снижение темпов роста, но примерно в 2 раза меньше ее.

Тем не менее можно отметить, что ситуационные факторы, которые не должны были бы оказывать влияния на столь долгосрочный прогноз, играют слишком большую роль в динамике прогнозов PwC.

Для определения уровня согласования прогнозов PwC и ViC были рассчитаны относительные стандартные отклонения для четырех прогнозов PwC и для совокупности прогнозов PwC и ViC для каждой страны, которые приведены на рис. 4.

Видно, что добавление прогноза ViC к прогнозам PwC не увеличивает значительно относительное стандартное отклонение, а по наиболее сложным прогнозам (Индонезия и Нигерия) уменьшает его. Увеличение примерно на четверть характерно для США и России, что является следствием различий в методике прогнозирования (особая роль США и учет ситуационных характеристик России).

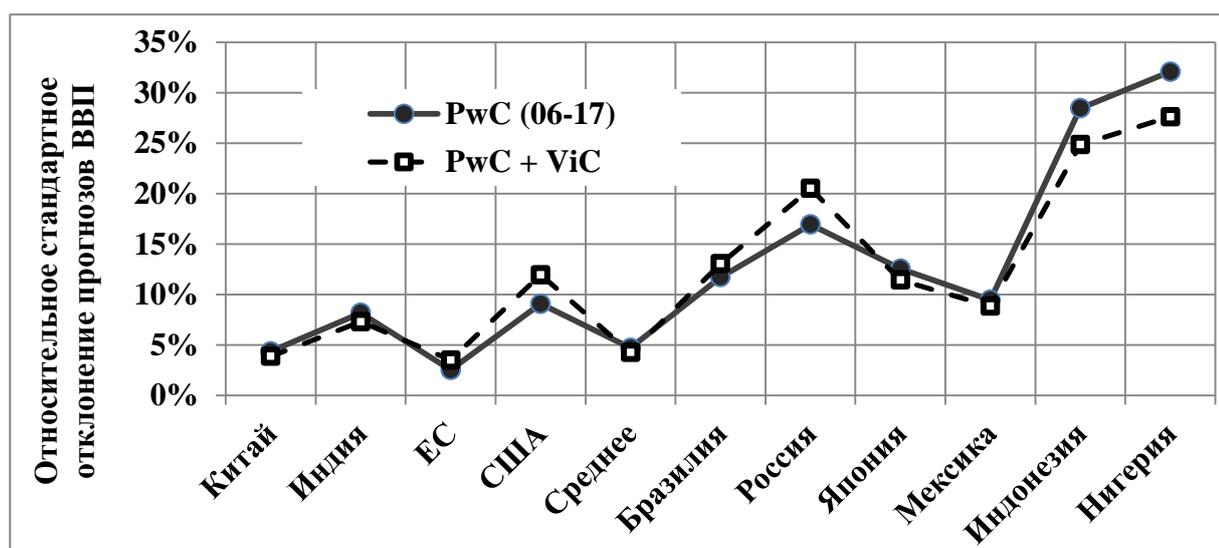


Рис. 4. Относительное стандартное отклонение прогнозов PwC и ViC.

Сравнение позиций (мест), которые занимают различные страны согласно прогнозам PwC 2017 г. и VIK 2015 г. по величине ВВП по ППС (табл. 3), показывает, что указанный выше разброс прогнозов не влияет принципиально на порядок мест среди ведущих мировых экономик. Однако порядок следования экономик с 5-го по 9-е место, мало отличающихся по величине, сложно определить.

Таблица 3. Сравнение прогнозов PwC и VIK, места стран по ВВП к 2050 г.

| Модель | Китай | Индия | ЕС | США | Бразилия | Россия | Индонезия | Япония | Мексика | Нигерия |
|---------|-------|-------|----|-----|----------|--------|-----------|--------|---------|---------|
| VIK 15 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 9 | 6 | 8 | 10 |
| PwC 17 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 5 | 9 | 8 | 10 |
| Среднее | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 – 9 | | | | |

Проведенное выше сравнение двух принципиально различных моделей прогнозирования показывает, что прогнозы суммарного мирового ВВП выполнены с хорошей достоверностью и могут использоваться для принятия управленческих решений относительно социально-экономических систем. Показано, что разработанная авторами экзогенная модель VIK обладает достоинством саморегулирования параметров и может быть использована как прототип для разработки еще более совершенных моделей прогнозирования, которые станут основой для принятия решений по управлению в социально-экономических системах.

Выводы

1. В работе проведено сравнение прогнозов социально-экономического развития (роста ВВП по ППС) 10 крупнейших экономик мира до 2050 года, выполненных по модели компании PricewaterhouseCoopers и по авторской методике VIK, отличающейся эндогенной спецификой формирования параметров прогнозирования и доминированием образовательной характеристики человеческого капитала в составе движущих факторов роста.

2. Показано, что отличие суммарного значения ВВП по ППС до 2050 года по прогнозам PwC 2017 г. и VIK 2015 г. составляет 0,7%, что подтверждает адекватность модели VIK. Для ряда стран относительное отличие

находится на пределе удовлетворительного уровня для долгосрочного прогноза, достигая 39–52% для России, Бразилии и Нигерии.

3. Для развитых экономик прогноз PwC 2017 г. дает значения выше, чем VIK 2015 г., а для развивающихся – ниже, это может быть связано с тем, что в модели PwC экзогенно задается коэффициент догоняющего развития.

4. Прогноз PwC 2017 года отклоняется от прогноза 2015 года примерно на 18% в меньшую сторону для таких стран, как США, Бразилия. Япония, Индонезия, 8% – для России и 62% – для Нигерии.

5. Разброс прогнозов PwC, выполненных в разные годы, достигает 50% для наименьших из рассмотренных экономик (Индонезия и Нигерия), что характеризует погрешность таких долгосрочных прогнозов.

6. Показано, что относительное среднеквадратичное отклонение совокупности четырех выполненных прогнозов PwC для большинства стран не превышает 13%, для Индонезии и Нигерии – порядка 30%. При добавлении к этой совокупности прогноза VIK относительное среднеквадратичное отклонение, как правило, снижается.

7. Разработка моделей и алгоритмов прогнозирования развития социально-экономических систем с учетом образовательной компоненты до 2050 г. показала, что использование различных прогнозных инструментов экономической динамики (PwC и VIK) позволяет совершенствовать механизм принятия управленческих решений в социальных и экономических системах.

Статья проверена программой «Антиплагиат». Оригинальность 100%.

Ссылки

1. Becker, G.S. (1964). Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis. N.Y.: Columbia University Press for NBER.
2. Корчагин Ю.А. Российский человеческий капитал: фактор развития или деградации? Монография. – Воронеж: ЦИРЭ, 2005.
3. Корицкий А.В. Влияние человеческого капитала на экономический рост. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2013.
4. Mincer J. (1994) The Production of Human Capital and The Lifccycle of Earnings: Variations on a Theme. – Working Paper of the NBER, No 4838.

5. Barro, R. J., Lee, J. W. International Data on Education Attainment: Updates and Implications, Oxford Economic Papers, 2001, Vol. 53, No. 3; World Development Indicators, Washington: World Bank, 2005.
6. Hawksworth J. The World in 2050. How big will the major emerging market economies get and how can the OECD compete? PricewaterhouseCoopers – March 2006.
7. Хоксворт Д., Тивари А. Мир в 2050 году. Ускорение процесса изменения баланса экономических сил в мире: проблемы и возможности. PricewaterhouseCoopers – 2011. www.pwc.co.uk/economics
8. Hawksworth J., Chan D. World in 2050. The BRICs and beyond: prospects, challenges and opportunities. PwC Economics. 2013.
9. Hawksworth J. PricewaterhouseCoopers: Прогноз развития мировой экономики с 2015 до 2050 года. [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий. URL: <https://gtmarket.ru/news/2015/02/11/7089>
10. Hawksworth J., Audino H., Clarry R. (2017). The World in 2050. The long view: how will the global economic order change by 2050? PwC Economics & Policy services. URL: <http://www.pwc.com/world2050>
11. Forrester J. (2003). Мировая динамика. / Пер. с англ. – М: АСТ; СПб.: Terra Fantastica.
12. Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. – Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. – 210 с. <http://world-evolution.ru/2015>
13. Deflator. WorldBank. (2018). URL: <https://data.worldbank.org>
14. World Population Prospects: The 2017 Revision. (2017). Department of Economic and Social Affairs, Population Division, United Nations. New York. URL: <https://population.un.org/wpp/Publications/>
15. Prichina O., Orekhov V., Shchennikova E.. Modeling the dynamics of number of scientists in the world in the past and the future. Economic and Social Development, Book of Proceedings. Varazdin Development and Entrepreneurship Agency; Russian State Social University. 2017. С. 69–81.